

**KAJIAN PRODUKSI NANOPARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN  
TUMBUKAN BOLA BAJA DIAMETER 1/4 INCHI**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh:

**FARIS KURNIAWAN**

**NIM : D200130037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**KAJIAN PRODUKSI NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN  
TUMBUKAN BOLA BAJA DIAMETER 1/4 INCHI**

**PUBLIKASI ILMIAH**

**FARIS KURNIAWAN**

**D200130037**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ir. Supriyono', written over a horizontal line.

**Ir. Supriyono ,MT, PhD**

## HALAMAN PENGESAHAN

### KAJIAN PRODUKSI NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN TUMBUKAN BOLA BAJA DIAMETER 1/4 INCHI

Oleh

FARIS KURNIAWAN

D.200.130.037

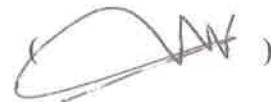
Telah di pertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada Hari Selasa, 3 April 2018  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1.Ir. H.Supriyono, MT, Ph.D  
( Ketua Dewan Penguji)



2.Ir. Agung Setyo Darmawan, MT  
( Anggota 1 Dewan Penguji)



3.Bambang Waluyo Febriantoko, ST., MT  
(Anggota 2 Dewan Penguji)



Dekan



(Ir. H. Sri Sunarjono, MT, Ph.D)

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana disauatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 3 april 2018



**FARIS KURNIAWAN**  
**D200130037**

## **KAJIAN PRODUKSI NANO PARTIKEL DARI ARANG BAMBU DENGAN TUMBUKAN BOLA BAJA DIAMETER 1/4 INCHI**

### **ABSTRAK**

Nanoteknologi adalah pembuatan dan penggunaan materi dengan ukuran sangat kecil yang mencapai 1 sampai 1000 nm. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan untuk pembuatan nanopartikel berasal dari arang bambu wulung. Arang bambu adalah suatu produk yang diperoleh dari hasil pembakaran tidak sempurna terhadap bambu. Tujuan penelitian ini adalah untuk memproduksi partikel arang bambu, mengetahui ukuran partikel, mengetahui bentuk partikel dan mengetahui unsur yang terdapat pada partikel arang bambu. Penelitian ini menggunakan metode top-down dalam pembuatan partikel. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah modifikasi shaker mills dengan variasi kecepatan motor 800Rpm, 900Rpm, 1000Rpm, 1100Rpm selama 2 juta siklus dan penumbuk yang digunakan yaitu bola baja berukuran ¼ inchi. Dari pengujian ini selanjutnya nanopartikel diuji dalam pengujian PSA, SEM dan EDX. Pengujian PSA bertujuan untuk mengetahui ukuran dari partikel arang bambu. Pengujian SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk dari partikel yang diuji. Pengujian EDX bertujuan untuk mengetahui komposisi dari partikel arang bambu. Pada pengujian PSA yang dilakukan partikel sudah mencapai ukuran nano tetapi ada juga yang masih berukuran mikro. Dari pengujian SEM yang dilakukan partikel berbentuk bulat, lonjong dan tidak beraturan. Dari pengujian EDX yang dilakukan unsure karbon sangat dominan pada partikel.

**Kata kunci :** Nanopartikel, PSA, SEM, EDX

### **ABSTRACT**

Nanotechnology is the manufacture and use of materials of very small size reaching 1 to 1000 nm. In this study the materials used for the manufacture of nanoparticles derived from wulung bamboo charcoal. Bamboo charcoal is a product obtained from incomplete combustion of bamboo. The purpose of this research is to produce bamboo charcoal particles, to know particle size, to know particle shape and to know the element contained in bamboo charcoal particle. This research uses top-down method in particle making. The tool used in this research is modified shaker mills with variations of motor speed 800Rpm, 900Rpm, 1000Rpm, 1100Rpm for 2 million cycles and pounders used are ¼ inch steel balls. From this test the nanoparticles were then tested in PSA, SEM and EDX tests. PSA testing aims to determine the size of the bamboo charcoal particles. The SEM test aims to determine the shape of the particles tested. EDX testing aims to determine the composition of bamboo charcoal particles. In PSA testing the particles have reached the nano size but some are still micro size. From SEM testing performed spherical, oval and irregular particles. From EDX testing conducted carbon element is very dominant on the particles.

**Keywords :** Nanoparticles, PSA, SEM, EDX

## 1. PENDAHULUAN

Dalam kemajuan teknologi energi pada saat ini mendorong manusia untuk mengembangkan penelitian pada segala bidang, khususnya pada bidang material. Alasan inilah yang membuat dibutuhkan material baru untuk perkembangan di bidang energy. Salah satu material yang bisa dikembangkan adalah material karbon karena, material karbon bisa menjadi solusi untuk suatu pengembangan riset teknologi mikro. Karbon mempunyai struktur mikro yang memiliki banyak kelebihan yang bisa digunakan pada bidang industry.

Alfathoni (2002) menuliskan bahwa karbon aktif, mempunyai struktur dan bahan yang sebagian mempunyai permukaan yang dalam dan mempunyai daya serap yang tinggi. Pada bidang energy, karbon aktif digunakan untuk bahan penguatan material dan dalam kemajuan teknologi ini kegunaan karbon bisa lebih banyak lagi.

Ada dua metode yang bisa digunakan untuk membuat nano material, yaitu secara *top-down* dan *bottom up*. *Top-down* adalah menggerus material yang besar hingga menjadi kecil. *Bottom-up* adalah menyusun atom atau molekul-molekul hingga menjadi suatu partikel berukuran nanometer.

Arang bambu juga termasuk bahan utama pembuatan karbon. Arang bambu adalah produk yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna bambu. Pembakaran tidak sempurna terhadap bambu akan membentuk senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi yang menjadi karbondioksida, peristiwa ini disebut pirolisis. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong oksidasi yang menyebabkan molekul karbon kompleks terpisah menjadi karbon atau arang. Pirolisis yang dibutuhkan untuk menjadi arang adalah pada temperature 150-300°C. Pembentukan tersebut disebut pirolisis primer. Arang bisa berubah lebih lanjut menjadi karbon monoksida dan gas –gas hidrokarbon, peristiwa ini disebut pirolisis sekunder. Semakin rendah kadar abu, air, dan zat yang menguap maka akan semakin tinggi kadar fixed karbon dan kualitas arang juga akan semakin baik.

Indonesia merupakan Negara yang memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah. Salah satu sumber daya alam yaitu tanaman, termasuk tanaman

bambu. Indonesia memiliki 159 spesies dari total 1.250 jenis bambu yang ada di dunia. Bambu termasuk kedalam jenis rumput-rumputan yang mempuntai ruas. Bambu termasuk anggota family yang terdiri dari 70 genus. Bambu termasuk jenis tanaman yang tingkat pertumbuhannya sangat cepat.

Untuk mempermudah penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut : Kandungan apakah yang ada pada arang bambu setelah dilakukan pengujian, Bagaimana pengaruh kecepatan motor terhadap ukuran partikel arang bambu, Apa kegunaan partikel arang bambu dalam dunia industry?

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada : Pembuatan partikel nano yang dilakukan dengan metode *top down*, Partikel karbon yang digunakan lolos ayakan mesh 200,

Arang yang dipakai terbuat dari bambu wulung : Bola baja yang digunakan berukuran  $\frac{1}{4}$ , Pembuatan partikel nano menggunakan modifikasi alat *shaker mills*, Kecepatan putaran mesin yang digunakan pada alat *shaker mills* adalah 800, 900, 1000, 1100 Rpm, Variasi siklus yang digunakan sebesar 2 juta siklus, Partikel karbon yang diuji hanya partikel yang menempel pada bola baja, Pengujian partikel karbon menggunakan uji PSA dan SEM EDX pada material sampel uji dengan standar SNI.

Tujuan penelitian ini adalah : Memproduksi partikel nano menggunakan *shaker mills*, Mengetahui pengaruh kecepatan mesin dari metode tumbukan terhadap ukuran partikel arang bambu, Mendapatkan visualisasi dan komposisi partikel arang bambu yang diuji.

Nanopartikel adalah suatu yang mempunyai ukuran sangat kecil. nanopartikel yang biasa digunakan berukuran 1nm sampai 100nm. Penggunaan nanopartikel ini termasuk perkembangan dalam bidang nanonains dan nanoteknologi. Nanonains merupakan ilmu yang terfokus pada gejala alam yang mempunyai ukuran nanometer. Contoh gejala alam maupun objek yang berukuran nanometer adalah sintesis protein, partikel virus, partikel itanium dioksida, dan karbon naotube. Nanoteknologi bisa diartikan sebagai rekayasa pembuatan material dalam skala nanometer ( Dwandaru, 2012 ).

Nanopartikel bisa diproduksi dengan berbagai cara, saat ini ada beberapa cara untuk memproduksi nanopartikel. Cara sering digunakan yaitu metode presipitasi, penggilingan (milling methods), salting out, fluida superkritis, polimerisasi monomer, polimer hidrofilik, dan disperse pembentukan polimer (Soppimath, 2001; Mansouri, 2011).

Para peneliti di Universitas Duisburg-Essen membuat partikel nano dalam skala industrial dengan cara memproduksinya dari partikel gas. Para peneliti ini mengembangkan tiga macam prosedur produksi dalam fase gas. Ketiga prosedur ini memiliki kesamaan yaitu material didinginkan secara tiba-tiba dan dikondensasikan dalam fase gas. Prof. Schulz sebagai pemimpin penelitian ini menjelaskan : “Kami dapat menggambarkan seperti uap air lewat jenuh yang tiba-tiba menjadi tidak stabil dan membentuk kabut. Serupa pada logam dalam bentuk gas, yang juga dapat membentuk butiran kecil atau terkondensasi menjadi partikel. Jika ini didinginkan akan membentuk partikel padatan”.

Purwanto ( 2014 ) dalam penelitiannya memproduksi partikel nano dari bahan seng nirat tetra hidrat ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ) dengan cara *flame assisted spray pyrolysis* (FASP). Bahan baku ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ ) sebagai bahan produksi nanopartikel ZnO dengan menggunakan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) sebagai bahan bakar dan udara sebagai gas pembawa (*carrier gas*). Penelitian ini menggunakan variasi udara dari kompresor dengan variasi 5 L/menit, 7 L/menit, 9 L/menit. Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa produksi nano partikel ZnO menggunakan metode *flame assisted spray pyrolysis* (FASP) telah berhasil dilakukan. Laju alir gas pembawa yang lebih lambat akan membuat ukuran partikel ZnO yang lebih kecil pada metode *flame assisted spray pyrolysis* (FASP) ini.

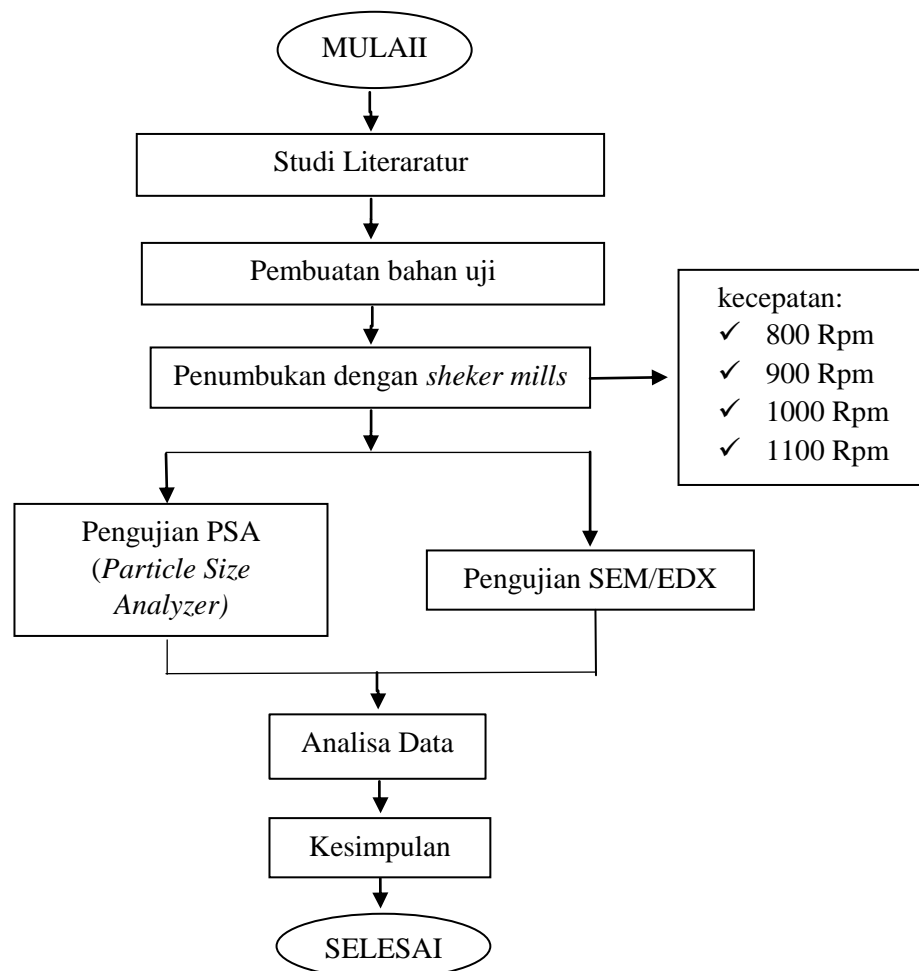
Rochman ( 2008 ) dalam penelitiannya membuat partikel nano menggunakan alat ball mill yang mempunyai prinsip kerja sederhana. Wadah yang berisi bola-bola penghancur di putar menggunakan mesin, konsepnya yaitu menghancurkan material yang akan dibuat partikel nano dengan membuat bola-bola saling bertumbukan dalam jumlah yang sangat banyak. Partikel nano yang dihasilkan dengan alat ini diproduksi dengan waktu yang cepat.



Nanopartikel menjadi kajian yang sangat menarik, karena material yang berukuran nano biasanya memiliki partikel dengan sifat fisika dan kimia yang lebih baik dari partikel yang berukuran besar. Dua hal utama yang menjadikan nanopartikel berbeda dengan material lain dalam ukuran besae (bulk) yaitu: Ukuranya yang kecil membuat nanopartikel mempunyai nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel berukuran besar. Hal ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas pada material ditentukan oleh atom-atom yang berada di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain, Ukuran partikel pada saat menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku hanya didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum.(Abdullah, 2008)

## 2. METODE

### 2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan : Partikel arang bambu yang sudah di tumbuk dan di ayak dengan ukuran mesh 200 dan Aqua Pro Injeksi untuk menampung hasil pengujian pada saat pengujian PSA.

Alat : Bola baja ukuran 1/4, botol, centrifuge, Penumbuk, ayakan, kuvet dan tabung uji.

Alat Pengujian : Alat pengujian ukuran PSA(*Particle Size Analyzer*), SEM(*Scanning Electron Microscope*) dan EDX.

## 2.3 Pembuatan Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan arang bambu. Setelah itu bahan uji dari arang bambu dilakukan proses pengayakan. Ukuran awal pengayakan arang bambu sebelum melakukan penumbukan yang digunakan adalah mesh 200 dengan maksud untuk mempermudah saat penumbukan dengan alat *shaker mils*. Proses yang digunakan untuk membuat bahan uji sampai menjadi ukuran nano yaitu menggunakan metode *top-down*. Penumbuk yang digunakan alat bola baja ukuran 1/4 inci yang dimasukan kedalam tabung.

Serbuk arang bambu dan gotri dimasukkan didalam tabung dengan perbandingan masing-masing adalah 1/3. Kemudian tabung dipasang pada alat *shaker mils* untuk dilakukan pengujian. siklus yang digunakan pada pengujian yaitu 2 juta tumbukan dengan variasi kecepatan 800 Rpm, 900 Rpm, 1000 Rpm, dan 1100 Rpm .

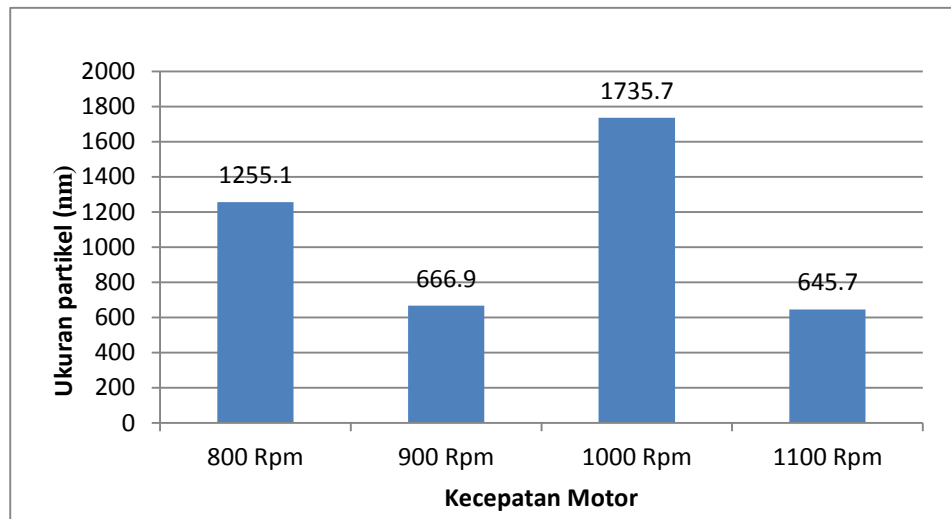
## 2.3. Langkah Penelitian

Langkah- langkah penelitian : Mempersiapkan alat dan bahan penelitian, Membuat arang dari bambu wulung, Menumbuk arang dan mengayak dengan ayakan mesh 200, Melakukan penumbukan pada alat *shaker mils* (kecepatan 800 Rpm, 900 Rpm, 1000 Rpm , dan 1100 Rpm), Mengambil hasil pengujian(800 Rpm, 900 Rpm, 1000 Rpm , dan 1100 Rpm), Melakukan proses sentrifuge pada spesimen pengujian sebelum dilakukan pengujian PSA, Melakukan pengujian PSA (*Particle Size Analyzer*)., Melakukan pengujian SEM/EDX

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pembahasan Pengujian PSA

Dari Pengujian PSA(Particle Size Analyzer) dapat diketahui ukuran partikel arang bambu yang sudah ditumbuk dengan shaker mills

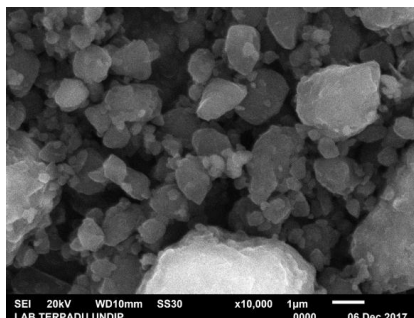


Gambar 2 Grafik hasil pengujian PSA

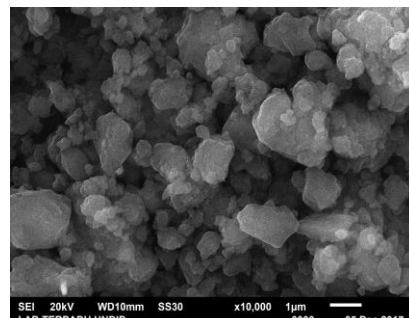
Grafik diatas adalah rata-rata dari hasil pengujian PSA. Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa pada pengujian dengan Rpm 1100 mempunyai ukuran partikel paling kecil dibanding dengan yang lain. Sedangkan ukuran partikel paling besar ditunjukkan pada pengujian dengan kecepatan 1000 Rpm. Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan motor belum tentu ukuran partikel semakin mengecil. Ketidak aturan yang terjadi antara kecepatan motor dan ukuran partikel bisa disebabkan karena adanya gumpalan pada saat pengujian PSA.

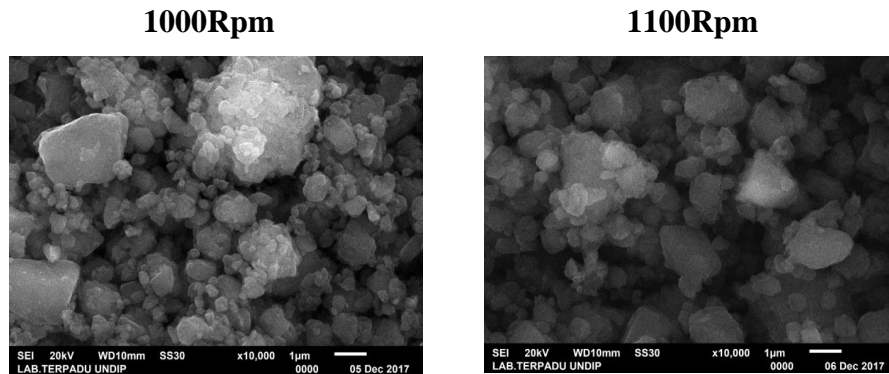
#### 3.2 Pembahasan Pengujian SEM

800Rpm



900Rpm





Gambar 3 Hasil pengujian SEM

Pada pengujian SEM dapat diketahui bentuk dari partikel yang diuji. Pengujian SEM yang dilakukan menggunakan 3000x perbesaran, 10.000x perbasaran, 20.000xperbesaran dan 30.000x perbesaran. Pada hasil SEM diatas menggunakan perbesaran 10.000x. Pada hasil SEM dapat dilihat rata-rata partikel berbentuk bulat tidak sempurna, lonjong, dan tidak beraturan. Pada pengujian 1000Rpm rata rata partikel berukuran kecil, sedangkan pada 1100Rpm masih banyak gumpalan pada partikel. Rata-rata ukuran partikel sudah mencapai ukuran nano namun masih ada partikel yang berukuran mikro.

### 3.3 Pembahasan Pengujian EDX

Pengujian EDX (*Energy Dispersion X-ray*) bertujuan untuk mengetahui kposisi dari bahan uji. Dari hasil pengamatan didapatkan data EDX 800 Rpm, 900 Rpm, 1000 Rpm, dan 1100 Rpm sebagai berikut

Komponen	Komposisi (%)			
	800 Rpm	900 Rpm	1000 Rpm	1100 Rpm
Karbon,( C )	92,80%	92,80%	91,82%	94,52%
Oksigen ( O )	3,57%	2,39%	2,99%	2,09%
Silikon ( Si )	2,61%	1,23%	1,34%	1,13%
Kalium ( K )	0,68%	0,87%	1,10%	0,85%
Kalsium ( Ca )	0,21%	0,18%	0,35%	0,17%
Besi ( Fe )	0,67%	0,89%	0,46%	0,99%
Tembaga ( Cu )	0,73%	0,50%	0,45%	-
Alumunium ( Al )	-	0,08%	0,15%	0,11%
)	-	0,38%	0,29%	-
Seng ( Zn )	-	0,47%	0,45%	-
Zirkonium ( Zr )	-	0,20%	-	-
Talium ( Tl )	-	-	0,12%	-

Magnesium ( Mg )	-	-	0,09%	0,14%
Fosfor ( P )	-	-	0,20%	-
Belerang ( S )	-	-	0,19%	-
Klorida ( Cl )				

Tabel 1 Hasil Pengujian EDX (*Energy Dispersion X-ray*)

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa unsur karbon mempunyai presentase rata-rata diatas 90% paling dominan dibanding dengan unsur lain. Hal ini dikarenakan arang bambu yang diuji merupakan karbon aktif. Pada pengujian 1000 Rpm mempunyai unsur yang paling banyak dibanding yang lain karena terdapat unsur Klorida( Cl ), Belerang( S ), Magnesium( Mg ) dan Talium( Tl ).

#### 4. PENUTUP

##### 4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian PSA dapat disimpulkan bahwa besar kecepatan motor tidak bisa menjadi tolak ukur utama untuk menentukan ukuran partikel arang bambu. Ukuran partikel yang semula 0,074 mm pada hasil pengujian dengan kecepatan 800 Rpm menunjukkan ukuran rata-rata 1255,1 nm. Pada hasil pengujian dengan kecepatan 900 Rpm menunjukkan ukuran rata-rata 666,9 nm. Pada hasil pengujian dengan kecepatan 1000 Rpm menunjukkan ukuran rata-rata 1735,7 nm. Pada hasil pengujian dengan kecepatan 1100 Rpm menunjukkan ukuran rata-rata 645,7 Rpm. Dapat dilihat dari hasil ukuran partikel arang bambu bahwa semakin besar kecepatan motor pada pengujian tidak menunjukkan bahwa ukuran partikel semakin kecil. Ketidak teraturan dari ukuran partikel bias disebabkan oleh proses penumpukan beberapa zat.

Dari pengujian PSA dapat dilihat partikel sudah mencapai ukuran nano tetapi masih ada partikel yang berukuran mikro.

Dari hasil pengujian SEM dapat diketahui rata-rata bentuk partikel arang bambu berbentuk bulat tidak sempurna, lonjong tidak sempurna dan terdapat juga gumpalan-gumpalan partikel. Rata-rata ukuran partikel berukuran nanometer,

tetapi masih ada juga partikel yang berukuran micrometer. Pada hasil photo SEM hasil uji dengan 800 Rpm memiliki ukuran partikel paling besar dibandingkan dengan yang lain. Ukuran partikel paling kecil ditunjukkan pada hasil 900 Rpm karena presentase ukuran partikel banyak yang mencapai nanometer serta paling sedikit adanya gumpalan. Dari photo SEM yang dilakukan dapat diketahui bahwa kecepatan motor dapat berpengaruh pada bentuk partikel.

Ketidak cocokan yang terjadi antara pengujian PSA dan SEM bisa terjadi karena adanya gumpalan pada saat penelitian.

Hasil uji dari keempat variasi kecepatan, dapat dilihat bahwa komposisi karbon paling dominan dibanding dengan unsur lain. Pada pengujian 1000 Rpm terdapat paling banyak unsur dibanding dengan yang lain karena terdapat unsure Klorida( Cl ), Belerang( S ), Magnesium( Mg ) dan Talium ( Tl ). Pada pengujian 800 Rpm mempunyai unsure paling sedikit dibanding dengan yang lain karena hanya mempunyai 7 unsur.

Unsur karbon yang dominan pada partikel arang bambu bisa dimanfaatkan pada bidang industri, kimia, farmasi, dan kesehatan

#### 4.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya dapat dilakukan variasi parameter seperti jumlah siklus, kecepatan motor, ukuran bola baja atau dapat juga digunakan partikel arang bambu yang menempel pada dinding tabung sebagai bahan uji nanopartikel.

Dalam penelitian selanjutnya partikel yang digunakan bisa terbuat dari arang batok kelapa, arang kayu jati dan lain sebagainya.

Partikel yang di uji tidak hanya partikel yang menempel pada bola baja tetapi partikel yang menempel pada tabung uji.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2008., dan Pokropivny, V. 2007. ***"Pengertian nanopartikel"***, (Online),(<http://olinanotegnologi.blogspot.co.id/2009/07/teknologinan-o-merupakan-suatu.html>, diakses tanggal 2 November 2017)
- Alfathoni, Girun. 2002. ***"Manfaat karbon aktif dari arang bambu"***, (Online),(<http://scholar.google.co.id/scholar?hl=id&q=partikel+nano+arang+bambu&btnG=>, diakses pada tanggal 2 Desember 2017)

- Anggraeni, Nuha Desi. 2008. ***“Analisa SEM(Scanning Electron Microscope) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetic Menjadi Hermatite”*** Seminar Nasional. Kampus Institut Teknologi Nasional, Bandung
- Dwandaru. 2012. ***“Definisi nanoteknologi sebagai aplikasi nanosains dalam berbagai bidang kehidupan”*** (online), (<http://heptajayawrdana.blogspot.com>, diakses pada tanggal 5 Desember 2017)
- Fernandes. 2012. ***“Sifat-sifat nanoteknologi dan peranan nanomaterial pada berbagai macam produk”*** (online). (<http://digilib.unila.ac.id>, di akses tanggal 15 november 2017)
- Herusatoto.2012 ***”Pengertian PSA (Particle Size Analyzer)”*** (online), (<http://repository.usu.ac.id/bistream/handle.htm>, diakses tanggal 04 Desember 2017)
- Purwanto, Agus. 2014. ***“Pembuatan Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) menggunakan proses Flame Assisted Spray Pyrolysis (FASP)”***. Tugas Akhir . Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta
- Rochman, Nurul Taufiqu. 2008. ***“ Pembuatan Partikel Nano dengan Alat Ball Mill.***
- Saputra,et al. 2011 ***“Pembuatan nanopartikel berasal dari bahan organic dapat diterapkan pada kehidupan biologis maupun bidang militer”*** (online), (<http://ppjp.unlam.ac.id>, diakses 20 November 2017)
- Soppimath. 2001., dan Mansouri. 2011. ***“Metode Pembuatan Nanopartikel”*** (Online), (<http://digital-20313947-S43804-Pembuatan%20karbon.pdf>, diakses tanggal 10 November 2017)